

河田 薫\*  
伊藤恭敏\*  
木田幸夫\*\*

# “e-F@ctory”による工場省エネルギー

Energy Saving in Factory by Utilizing “e-F@ctory”

Kaoru Kawata, Yasutoshi Ito, Yukio Kida

## 要 旨

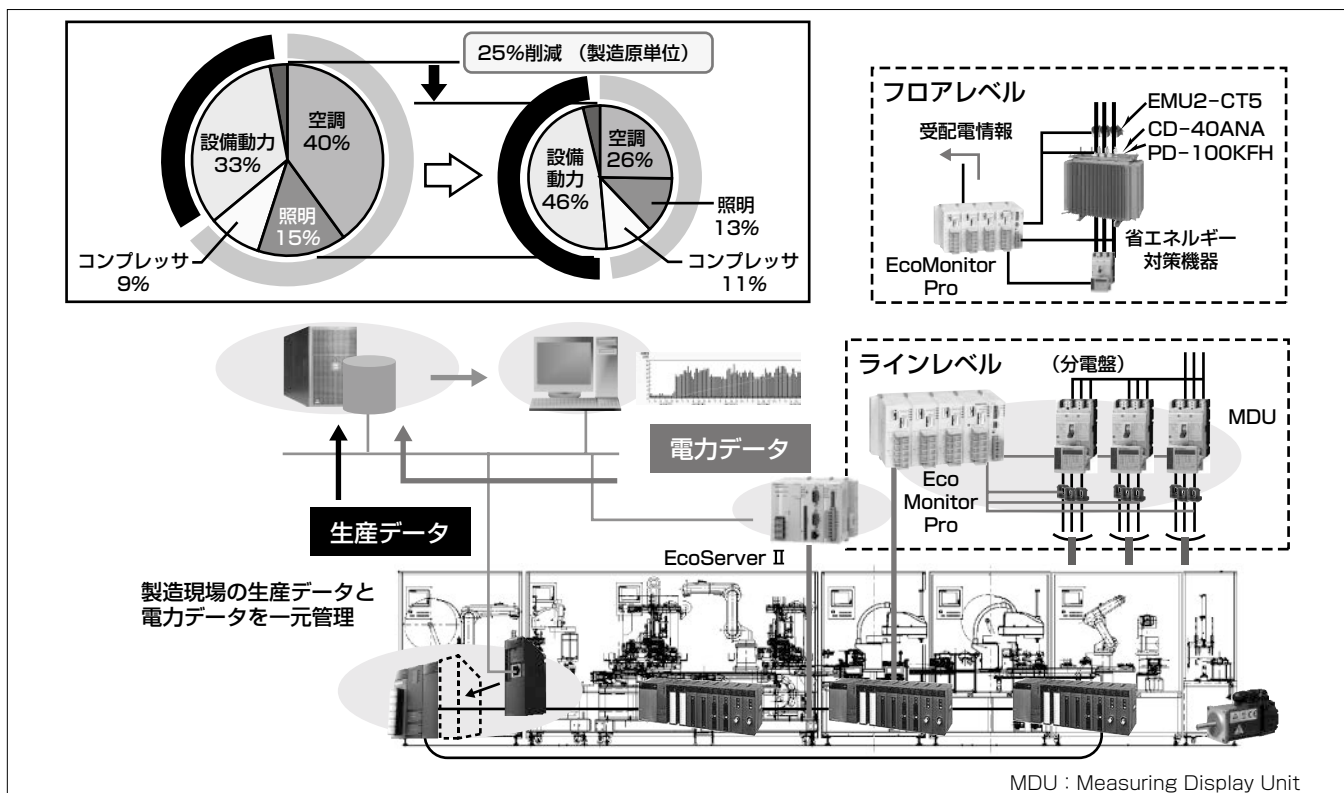
工場における省エネルギーとは、ものづくりにおけるムダ削減と言い換えることができる。人・もの・設備・方法などの複合要因によって生じる製造現場の“ムダ”に対して、設備の高性能化、作業員の教育レベル向上などに代表されるファundamentalの強化と、それらの安定稼働を実現する運営・維持管理によって削減の取り組みがなされている。

三菱電機は、製造業ユーザーのTCO (Total Cost of Ownership)削減に必要な品質・コスト・納期・環境の改善を図るため、製造現場向けの機器、ネットワーク、設計・運用環境を統合したソリューションを提案してきた。機器レベルで省エネルギー対策をするインバータ、高効率モータ、スーパー高効率トランスなどの省エネルギー対策機器の提供とともに、製造現場と情報システム間の連携を強化する情報連携製品によって、運用・管理の面から製造

現場の安定稼働を支援する仕組みとして“e-F@ctory”を提案している。

e-F@ctoryは、“今”を管理する制御システムの中に、製造現場で“今”何が起きているかを把握する機能に加え、データ解析を担う情報システムとの連携機能を持たせることで、エネルギー消費を含めた生産にかかわるデータの一元管理を実現し、製造現場におけるムダ削減を支援する。

設備・ユーティリティ単体レベルでのエネルギー消費挙動の解析結果から、省エネルギー対策機器への更新を促すことに加え、生産活動に寄与しないエネルギー消費を抽出することによって、設備・機器の運用並びに生産形態の改善を図るエネルギー・ロス・ミニマム (EM) 活動を支援する。



## e-F@ctoryを活用した“見える化”システム

製造現場における生産実績など直接的に生産活動にかかわるデータと、各設備のエネルギー消費データを一元管理する仕組みを提供する。“フロア単位”“ライン単位”“設備単位”ごとに生産活動とエネルギー消費を関連付けた原単位による管理を実現することで、“設備面でのムダ”に加え、各工程間での段取り作業を含めた“製造過程におけるムダ”を“見える化”し、工場省エネルギーの推進を支援する仕組みを実現する。

### 1. ま え が き

工場における省エネルギーとは、ものづくりにおけるムダ削減の取り組みと言い換えることができる。マクロ的には生産計画に対する追従性として評価されるこの取り組みは、製造現場における人・もの・設備・方法などの複合要因がもたらす事象の結果であり、設備の高性能化、作業員の教育レベル向上などに代表される製造現場のファンダメンタル強化と、強化された製造現場の安定稼働を実現する運営・維持管理の取り組みからなる。

当社は、製造業ユーザーのTCO削減に必要な品質・コスト・納期・環境の改善に向け、製造設備の高性能化を支える制御機器とフィールドネットワーク、機器レベルでエネルギーのムダ削減を直接的に実現するインバータ、サーボ、高効率モータ、スーパー高効率トランスなどの省エネルギー対策機器、そして全体システムの設計を効率化する統合エンジニアリング環境を提供することによって、製造現場のファンダメンタル強化を支援してきた。

さらに、製造現場と情報システム間の連携を強化する情報連携製品によって、運用・管理の面から製造現場の安定稼働を支援する仕組みとしてe-F@ctory<sup>(1)</sup>を提案している(図1)。

### 2. e-F@ctoryが提供する機能

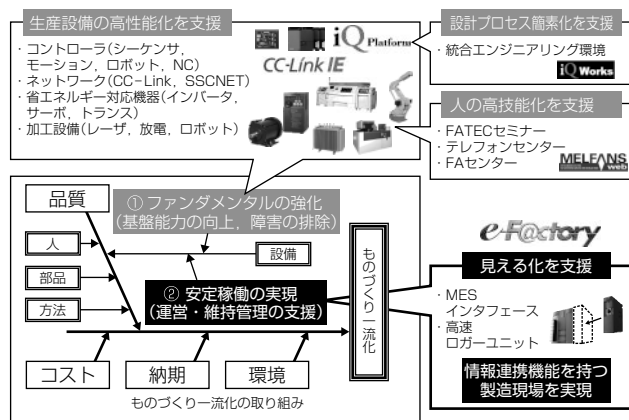
e-F@ctoryは、“今”を管理する制御システムの中に、製造現場で“今”何が起きているかを把握する機能に加え、データ解析を担う情報システムとの連携機能を持たせることで、エネルギー消費を含めた生産にかかわるデータの一元管理を実現し、ものづくり一歩化に向けた製造現場におけるムダ削減を支援する(図2)。

MES(Manufacturing Execution System)インタフェース、高速データロガーユニットなどに代表される情報連携製品<sup>(2)</sup>は、装置の状態監視、稼働率管理、生産実績管理など様々な目的で活用される製造現場のデータを、作業着手・完了、設備異常の発生など、製造現場における状態変化をトリガーとして簡単に検出・収集する機能を製造現場に付与する。

情報システムとの連携形態についても、MESインタフェースでは、トレーサビリティや品質管理での活用を想定することで、データ間の紐(ひも)付け・関連性を重要視し、検索性の高いデータベースとの直接連携機能を提供する。

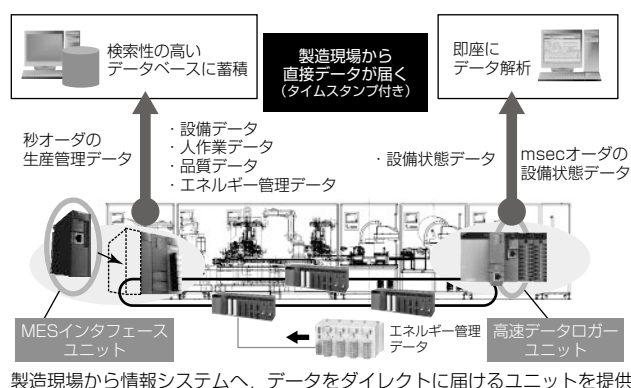
高速データロガーユニットでは、設備の状態監視用途などを想定し、より高速のデータ収集機能を持たせるなど、用途に応じた機器を展開している。

これらの情報連携製品が提供する生産現場での状態変化を検出し関連するデータを収集・伝達する機能は、従来実施されてきた設備・ユーティリティ単体レベルでのエネ



製造現場の状態変化を自分で教えてくれる製造現場を実現

図1. 製造現場の安定稼働を支援するe-F@ctory



製造現場から情報システムへ、データをダイレクトに届けるユニットを提供

図2. 制御システムの中で自動収集

ギー消費挙動の解析結果を基に省エネルギー対策機器への更新を促す活動に加え、生産にかかわる情報との相関関係から生産活動に寄与しないエネルギー消費を抽出することによって、人・もの・設備・方法の点から設備・機器の運用並びに生産形態の改善を図るエネルギーロス・ミニマム(EM)活動を支援する。

### 3. EM活動におけるe-F@ctory

EM活動におけるe-F@ctoryの役割は、生産活動とエネルギー消費の相関を“見える化”することによって、建屋単位などのマクロなレベルでの省エネルギーだけでなく、設備の運用や段取り時間削減による製造ライン内の工程改善など、製造現場におけるムダ削減を基本としたマイクロなレベルでの省エネルギー・EMを実現するための仕組みを提供することである。

本稿では、e-F@ctoryが提供する“見える化”の仕組みを活用し、省エネルギーを実現した当社の名古屋製作所(サーボモータ工場)と福山製作所(電子モジュール工場)における活動事例について述べる。

#### 3.1 設備更新と運用改善による省エネルギー

今回の事例では、既設工場を対象に導入した“見える化”の仕組みと計測結果について述べ、その結果を基に実施し

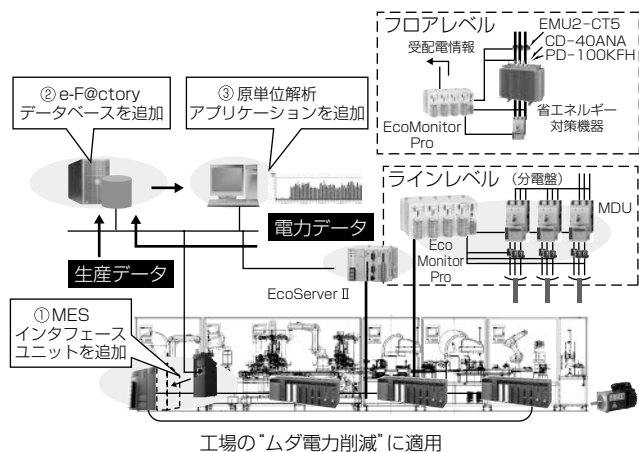


図 3. 生産活動とエネルギー消費データの一元管理

た省エネルギー対策機器への更新と運用改善による省エネルギー効果について述べる。

### 3.1.1 “見える化”の仕組みとしてのe-F@ctory

従来、工場単位での電力計測しか行われていなかった工場では、ユーティリティ(空調、照明、コンプレッサ)の消費電力と、実際の生産活動に使用する製造設備の消費電力を項目別の電力量として計測し、同時に生産活動実績との相関を“見える化”するためのシステムを構築した(図3)。

工場の一次受電部におけるトランスと、各ラインへつながる分電盤のそれぞれに電流センサを取り付けることによって計測されるフロアレベル、ラインレベルでの電力データは、省エネルギー支援機器(“EcoMonitorPro”, “EcoServer II”)を介してサーバに集約される。電力データは、MESインタフェースを介して収集される生産実績などの生産データとともにデータベース上で一元管理されることによって、総電力とユーティリティ、設備などの項目別の電力を“見える化”し、電力の原単位管理を実現する。

### 3.1.2 ユーティリティ設備の更新と運用改善

名古屋製作所・サーボモータ工場における、製品一個あたりの製造に必要な電力(2.4kWh/個)の計測結果内訳は、ユーティリティ電力64%、設備動力33%となった。

この結果を基にユーティリティ電力の削減を優先課題と設定し、設備ごとに省エネルギー対応機器への更新と運用改善を実施することによって次の効果を得た(図4)。

- ① エネルギー原単位：25%削減(2.4→1.8kWh/個)
- ② 生産時のCO<sub>2</sub>削減：192t-CO<sub>2</sub>/年削減

それぞれの具体的な取り組み内容は次のとおりである。

#### (1) 受配電設備

- ① スーパー高効率トランスへの更新

#### (2) 空調

- ① インバータ制御空調機への更新
- ② エリア温度分布測定結果を基に設定温度見直し
- ③ 熱交換器の清掃頻度見直し など

#### (3) 照明

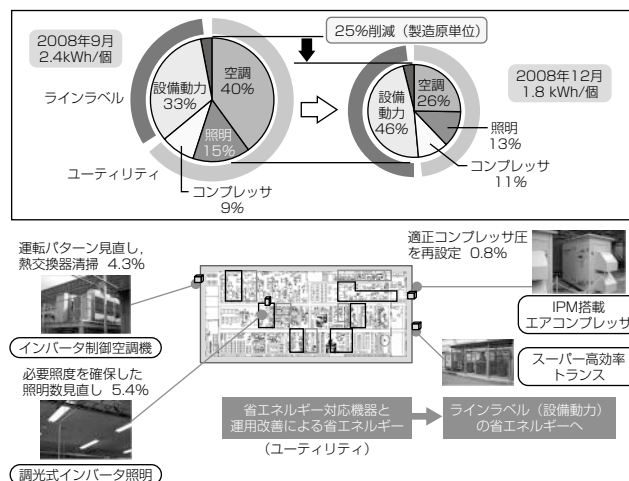


図 4. 設備更新と運用改善による省エネルギー

#### ① 調光式インバータ照明への更新

#### ② 照度測定結果に基づく照明数の見直し など

#### (4) コンプレッサ

#### ① IPM (Internal Permanent Magnet: 永久磁石内蔵) モータ搭載コンプレッサへの更新

#### ② コンプレッサ圧の最適化

### 3.2 製造過程におけるムダ削減

生産活動とエネルギー消費を関連付けた原単位を管理することによって、製造現場に潜むムダを、先の事例で挙げたユーティリティ設備でのムダに加え、各工程間での段取り作業を含めた“製造過程におけるムダ”として“見える化”することができる。

ムダの発生時間・場所・工程が明らかになることで、改善項目の“抽出”→“改善実施”→“効果把握”を行うPDCA (Plan Do Check Action) サイクルを高速に回すことが可能となり、生産性と品質を阻害するムダ削減の効率化を図ることができる。

#### 3.2.1 生産活動に潜むムダ削減による省エネルギー

福山製作所・電子モジュール工場では、当社の省エネルギー支援機器を用い、ラインとライン内の個々の設備を対象とした原単位管理システムを構築した。

生産活動とエネルギー消費の関係を“ライン単位”と“設備単位”の二つの視点から“見える化”する環境を整備することによって、改善課題の抽出範囲を明確化することが可能となる(図5)。

このシステム環境によって、“工程間段取り”“設備運用”そして“人的要因”を課題とした改善を実施することで次の効果を得た。

- ① 設備稼働率：12%向上(75→87%)
- ② 段取り時間短縮：50%向上(40→20分/回)
- ③ エネルギー原単位：41%改善(0.65→0.38kWh/個)
- ④ 生産時のCO<sub>2</sub>削減：29.5t-CO<sub>2</sub>/年削減

それぞれの具体的な取り組み内容は次のとおりである。



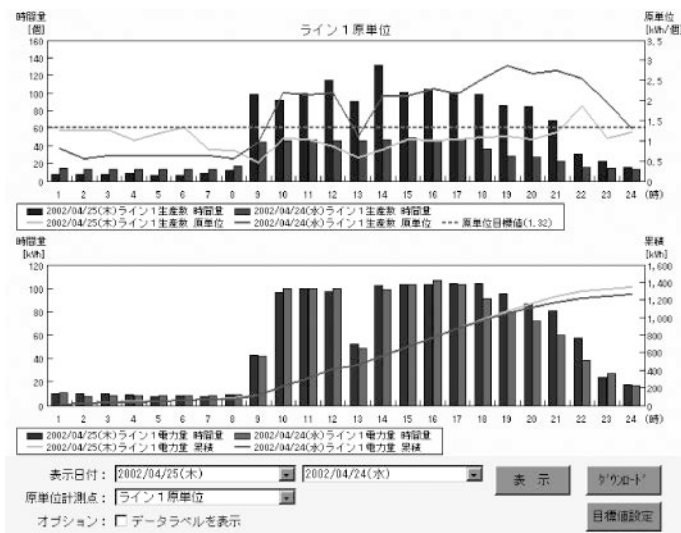


図5. エネルギー原単位グラフの例

(1) 段取り改善

①実装機の固定カセット見直し拡充 など

(2) 設備改善

- ①実装機の定期メンテナンス化
- ②絶縁処理装置ヒーター温度変更 (60→40℃)
- ③リフロー後の冷却ファン制御改善 など

(3) 作業教育

①復旧時間短縮をねらったメンテナンス研修

3.2.2 原因究明までのムダ削減による品質改善

サーボモータ巻線工程の断線、巻乱れによる品質(歩留)改善では、設備の異常停止原因(エラー信号)を履歴管理した静的情報を基に、ビデオによる動的解析が可能なシステムを構築し、原因究明までの時間短縮を図ることで、品質向上を実現し次の効果を得た(図6)。

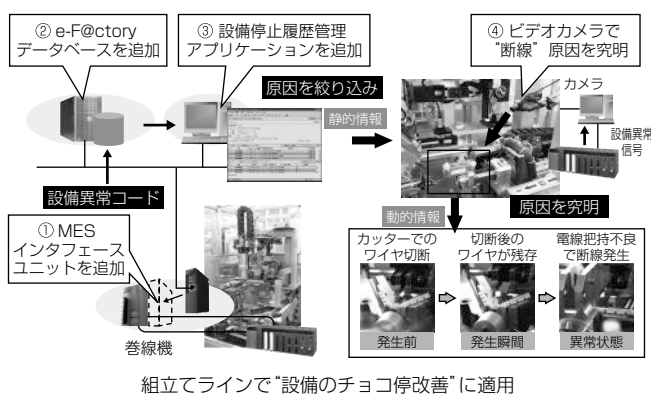
- ①ステータ歩留 : 5%向上 (92→97%)
  - ②エネルギーの原単位: 5%改善 (1.30→1.23kWh/個)
  - ③生産時のCO<sub>2</sub>削減 : 5.5t-CO<sub>2</sub>/年削減
- それぞれの具体的な取り組み内容は次のとおりである。

(1) 断線対策

- ①ハンド部への電線屑(くず)残り防止対策
- ②ノズル内径の面粗度改善
- ③ノズル洗浄方法の見直し など

(2) 巻乱れ対策

①治具(ノズルなど)取付けの再現性向上 など



組立てラインで“設備のチョコ停改善”に適用

図6. 設備の停止原因究明までの時間短縮

4. 今後の取り組み

環境にかかわるニーズが高まる中で、工場省エネルギーは今後も“設備”“運用”の両面から進むものとする。

e-F@ctoryは、製造現場の“見える化”を支援する仕組みとして、単なる個々のエネルギー計測システムではなく、生産活動と密接に関連付けられたデータを一元管理するシステム実現に必要な機能を強化していく。

ユーザーの自主研究・QC(Quality Control)活動など地道な改善活動によるムダ排除を支援し、生産性向上・品質改善を実現することで、当社自身も生産時のCO<sub>2</sub>削減の活動を強化していく。

5. む す び

生産高を基準とした原単位改善からCO<sub>2</sub>総量削減へと大きく舵(かじ)をきる“第6次環境計画”がスタートした。

環境に対する企業の社会的責任が重要度を増す中で、工場の省エネルギーには“結果”が求められている。従来のような表面的な省エネルギーだけでは届かない高い目標に対して、工場における“設備”“運用”両面からの省エネルギーを図り、“地球温暖化防止”に向けた積極的な取り組みを当社自身としても推進する所存である。

参 考 文 献

- (1) 渡部裕二, ほか: 製造現場の情報化に向けた取り組み～MESインタフェースによる情報の有機的連携, 計装, 50, No.6, 30～34 (2007)
- (2) 河田 薫: 高速データロギングによる生産設備からのデータ収集ソリューション, 計装, 52, No.8, 50～53 (2009)